

9. Architektura sprzętowa SWD PRM

W dalszej części tego rozdziału przedstawione zostały elementy infrastruktury sprzętowej zaprojektowanej dla zrealizowania Systemu SWD PRM.

Proponowane rozwiązanie zostanie wykonane dla dwóch ośrodków krajowych (OK) POK i ZOK przy zastosowaniu rozwiązań, które pozwolą na spełnienie wymagań:

- Wysokiej dostępności (HA) – dostępność,
- Możliwości skalowania rozwiązania – pojemność.

Przyjęte rozwiązania eliminują pojedyncze punkty awarii, wprowadzając redundancję wszystkich istotnych elementów infrastruktury sprzętowej w ramach każdego OK. Dotyczy to:

- elementów sieci LAN,
- elementów sieci SAN,
- zasilaczy i wentylatorów.

Pod względem wydajności przyjęte, zgodnie z OPZ, założenia pozwolą na zapewnienie nieprzerwanej pracy całego systemu w przypadku awarii lub niedostępności jednego z OK. Założenia i sposób doboru sprzętu został opisany w rozdziale 9.7 *Skalowanie środowiska*.

W każdym z OK przyjęto architekturę wykorzystującą serwery typu RACK w architekturze x86, tworzące podstawę dla środowiska wirtualizacyjnego. Serwery pracujące w ramach środowiska PROD współpracują z lokalną macierzą dyskową i tworzą klastery niezawodnościowy. Dla środowisk DEV oraz SZK wykorzystywana jest oddzielna maszyna również dostarczająca platformy wirtualizacyjnej.

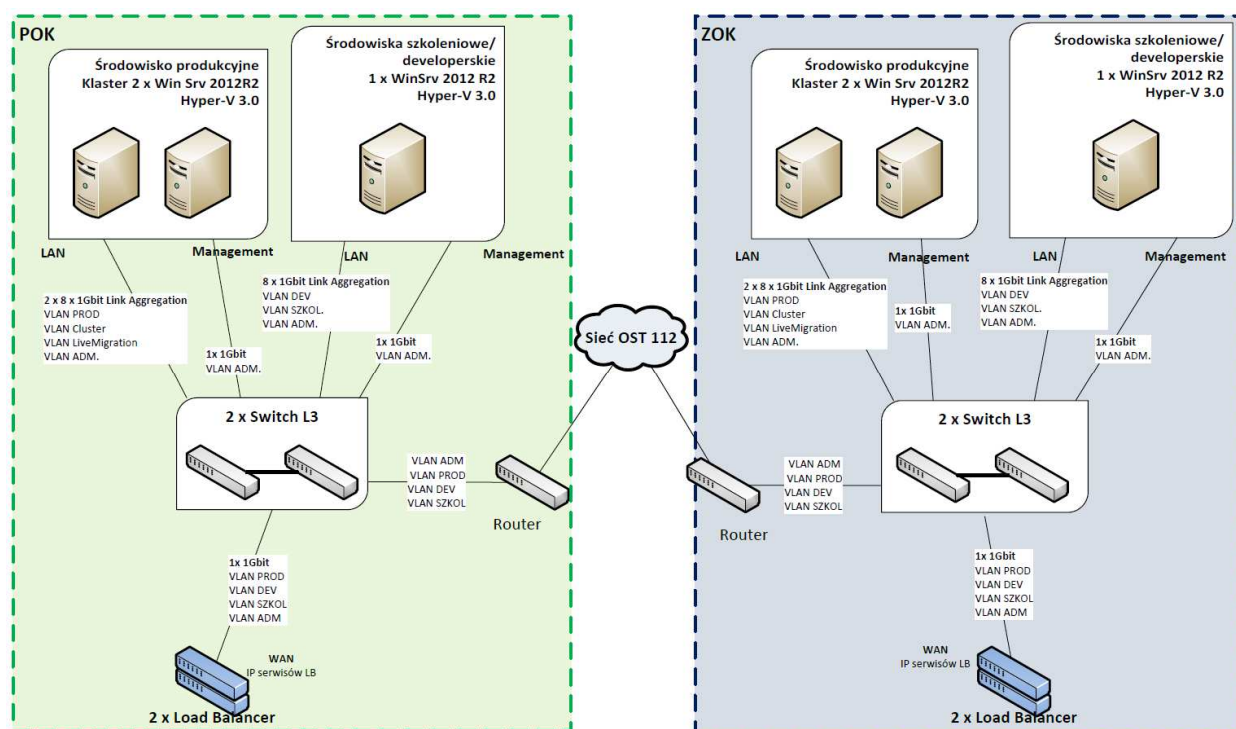
9.1. Schemat architektury

W sposób logiczny główne komponenty sprzętowe zostały przedstawione na poniższym rysunku. W każdej z lokalizacji OK środowisko produkcyjne PROD będzie realizowane na dwuwęzłowym klastrze wirtualizacyjnym w technologii Microsoft Hyper-V w wersji 3. Środowiska szkoleniowe (SZKOL) i developerskie (DEV) będzie realizowane również na tej samej platformie wirtualizacyjnej, na dodatkowym serwerze. Pozwoli to na odseparowanie środowiska produkcyjnego od środowisk szkoleniowych i developerskich. Dodatkowe informacje na temat platformy wirtualizacyjnej oraz parametrów poszczególnych maszyn można znaleźć w rozdziale 9.6 *Środowisko wirtualne*.

Dodatkowo, dla zapewnienia separacji poszczególnych środowisk na poziomie logicznym każde środowisko znajduje się w oddzielnej sieci wirtualnej. Szczegóły konfiguracji sieci i podziału adresacji przedstawione zostały w rozdziale 9.6 *Środowisko wirtualne*.

Podział ruchu dla kluczowych elementów w warstwie dostępu do serwerów aplikacyjnych będzie kontrolowany za pomocą Load Balancerów, pozwalających na równoważenie obciążenia. Zastosowanie tych urządzeń pozwoli również na kontrolowane włączanie i wyłączanie wybranych komponentów całego rozwiązania np. na potrzeby prac serwisowych lub aktualizacji rozwiązania.

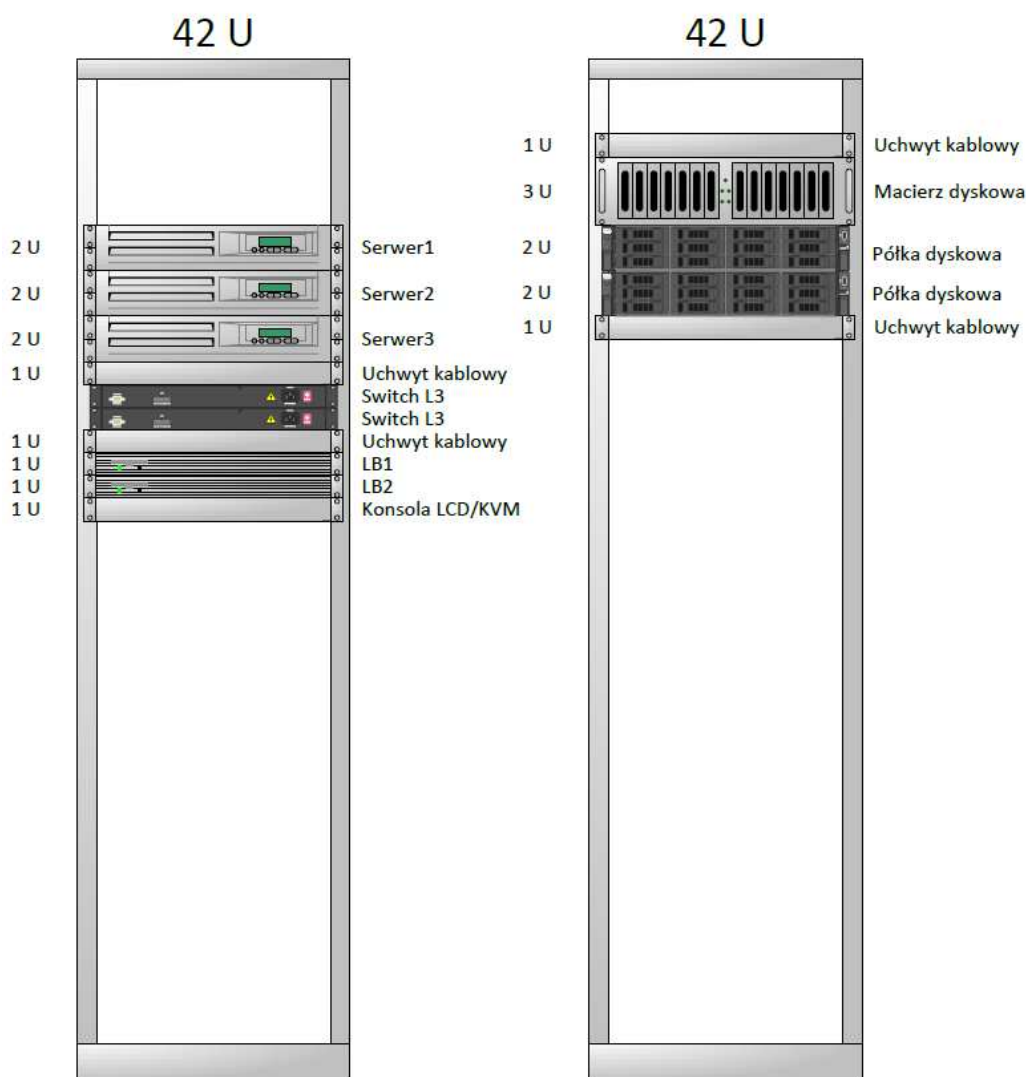
Takie rozwiązanie jest zgodne z aktualnymi praktykami w zakresie projektowania systemów wysokiej dostępności pod kątem niezawodności oraz otwartości na późniejszą rozbudowę Systemu. Możliwości dalszej rozbudowy architektury Systemu zostały przedstawione szczegółowo w rozdziale 9.9 *Możliwości przyszłego skalowania rozwiązania*.



Rysunek 78. Schemat architektury sprzętowej w POK i ZOK

9.2. Architektura sprzętowa

Na potrzeby instalacji sprzętu dla każdego z OK przewidziane zostało dostarczenie dwóch szaf RACK do każdej z lokalizacji. Dwie szafy pozwolą na spełnienie wymagań co do konieczności zapewnienia możliwości przyszłej rozbudowy Systemu. Poglądowo rozlokowanie sprzętu w szafach zostało przedstawione na poniższej ilustracji.



Rysunek 79. Układ elementów sprzętowych w ramach OK

9.3. Lista elementów sprzętowych

W obu OK wykorzystane zostaną identyczne konfiguracje sprzętowe. Poniższa tabel przedstawia zestaw elementów sprzętowych dla jednego OK.

Tabela 47. Lista głównych elementów sprzętowych na jeden OK

Lp.	Element sprzętowy	Liczba sztuk w OK	Dostarczany przez
1.	Serwer PROD	2	Wykonawcę
2.	Serwer DEV_SZK	1	Wykonawcę

Lp.	Element sprzętowy	Liczba sztuk w OK	Dostarczany przez
3.	Load Balancer	2	Wykonawcę
4.	Macierz dyskowa	1	Wykonawcę
5.	Szafa RACK 42U wraz listwami PDU - 2 sztuki na szafę oraz organizerami kablowymi	2	Wykonawcę
6.	Konsola zarządzająca z przełącznikiem KVM	1	Wykonawcę
7.	Router CISCO ASR1004	2	Zamawiającego
8.	Switch Cisco 3750X	2	Zamawiającego

Dodatkowo, na potrzeby projektu, przewidziano doposażenie urządzeń sieciowych, będących w posiadaniu Zamawiającego. Dodatkowe wyposażenie dotyczy:

- doposażenia urządzeń w POK i ZOK (patrz rozdział 9.4.1 Sieć LAN w OK),
- doposażenia urządzeń w punktach CP SCPR (patrz rozdział 9.4.5 Dedykowana sieć pomiędzy OK).

9.3.1. Parametry techniczne sprzętu

W poniższej tabeli przedstawione zostały istotne parametry techniczne sprzętu dostarczanego przez Wykonawcę w ramach architektury sprzętowej Systemu SW DPRM.

Tabela 48. Parametry techniczne sprzętu

LP	Element sprzętowy	Parametry techniczne
1.	Serwery PROD (Na przykład DELL PowerEdge R720)	• Obudowa 2U z redundantnymi zasilaczami (900 Wat) • Minimum 5 portów rozszerzeń • 2 x Intel Xeon E5-2670v2 2.5GHz, 25M Cache, 8.0GT/s • 256GB RAM (możliwością rozszerzenia o minimum 50%) • 8 x 1Gb Ethernet • 2 x kontrolery HBA FC 2 porty 8Gb • 2 x HDD 300GB SAS 10 kRPM w RAID1

LP	Element sprzętowy	Parametry techniczne
		Karta administracyjna z 1 x RJ45
2.	Serwer DEV_SZK (Na przykład DELL PowerEdge R720)	- Obudowa 2U z redundantnymi zasilaczami (900 Wat) - Minimum 5 portów rozszerzeń 2 x Intel Xeon E5-2670v2 2.5GHz, 25M Cache, 8.0GT/s 256GB RAM (z możliwością rozszerzenia o minimum 50%) 8 x 1Gb Ethernet 2 x kontrolery HBA 2 porty 8Gb 2 x HDD 300GB SAS 10 kRPM - Karta administracyjna z 1 x RJ45
3.	Load Balancer (na przykład Barracuda Load balancer BBF 440)	- Możliwość pracy redundantnej w trybie active-passive. - Port WAN i LAN 1Gb - Wsparcie dla utrzymania sesji SSL - Możliwość jednoczesnych połączeń nie mniejsza niż 2000 - Wsparcie dla podziału obciążenia w warstwie 4
4.	Macierz dyskowa (na przykład DELL MD 3820f)	2 Redundantne kontrolery i zasilacze - Interfejsy SAN – FC min 4x8Gb - Cache kontrolera 8GB 22 dyski SAS 15 kRPM 300GB 40 dysków 6Gb SAS NL 1TB 7200RPM
5.	Szafa RACK 42U	- Szafa RACK o wysokości 42 2 x PDU min 13 gniazd C13 każda - Ściana czołowa i tylna perforowana - Organizery pionowe do kabli - 3 sztuki
6.	Konsola z KVM	- Konsola do zabudowy w szafie RACK - Monitor 17" - Klawiatura i urządzenie wskazujące

LP	Element sprzętowy	Parametry techniczne
		KVM 8 portów
7.	Router CISCO ASR1004	Zamawiającego
8.	Switch Cisco 3750X	Zamawiającego

9.3.2. Lista oprogramowania

W poniższym rozdziale przedstawione zostanie oprogramowanie wykorzystane w Systemie SWD PRM z podziałem na komponenty standardowe oraz oprogramowanie wytworzone specjalnie na potrzeby Systemu.

9.3.2.1. Lista oprogramowania standardowego

W poniższej tabeli przedstawiona została lista oprogramowania standardowego wraz z przeznaczeniem, dokładniejszą specyfikacją wersji komponentu oraz podaniem producenta i sposobu licencjonowania dla każdego z komponentów.

Tabela 49. Lista oprogramowania standardowego

Nazwa	Wersja	Producent/forma licencji	Przeznaczenie
JAVA	7	ORACLE/Corporate Binary Code Licence Environment	Środowisko uruchomieniowe dla komponentów oprogramowania
MySQL	5.6	ORACLE/GPLV2.0	Serwer bazy danych
JBOSS	8.0.0 (wildfly)	LGPL	Serwery aplikacyjne
NAGIOS	4.06	GPL v3.0	Monitorowanie pracy komponentów OK
SpagoBI	4.0	Mozilla Public Licence	Oprogramowanie do celów raportowych
AutoMapa	6.15	Aqurat sp. z o.o. i GeoSystems sp. z o.o.	Nawigacja na terminalach mobilnych
CentOS	6.5 64bit	Opensource/GPL v2.0	System operacyjny dla maszyn wirtualnych
Windows Server	2012 R2 Standard Edition	Microsoft	Platforma wirtualizacyjna



Windows	7 Professional 64bit	Microsoft	Stacja administracyjna
---------	----------------------	-----------	------------------------

9.3.2.2. Lista oprogramowania aplikacyjnego

W poniższej tabeli przedstawiona została lista oprogramowania aplikacyjnego wytworzonego na potrzeby Systemu SWD PRM.

Tabela 50. Lista oprogramowania aplikacyjnego

Nazwa	Przeznaczenie
Aplikacja mobilna ZRM	Aplikacja wykorzystywana na tabletach. Jej celem jest obsługa zdarzeń przez ZRM.
Aplikacja stacjonarna ZRM	Aplikacja wykorzystywana na SD w miejscu stacjonowania ZRM. Jej celem jest uzupełnianie dokumentacji związanej z obsługiwanyymi zdarzeniami oraz przyjmowanie zleceń wyjazdu od dyspozytorów.
Aplikacja główna dyspozytora	Aplikacja wykorzystywana na Stanowiskach Dostępowych w Dyspozytorniach medycznych. Za jej pomocą możliwe jest zarządzanie i obsługa zgłoszeń przez dyspozytorów.
Aplikacja mapy	Aplikacja wykorzystywana na Stanowiskach Dostępowych w Dyspozytorniach medycznych. Jest uruchamiana równocześnie z Aplikacją główną dyspozytora. Jej celem jest wyświetlanie zdarzeń oraz ZRM na mapie wraz z wyświetlaniem tras przejazdów ZRM oraz dodatkowych funkcji opisanych w przypadkach użycia SWD PRM.
Komponenty serwerowe (Moduł autoryzacji, Moduł integracji, Moduł logowania zdarzeń)	Komponenty zainstalowane na serwerach aplikacji JBOSS odpowiedzialne odpowiednio za autoryzację dostępu do funkcji systemu dla Aplikacji mobilnej ZRM, Aplikacji stacjonarnej ZRM, Aplikacji głównej dyspozytora, Aplikacji mapy oraz Aplikacji Administratora Technicznego oraz Administratora Biznesowego. Moduł integracji odpowiada za integrację systemu SWD PRM z zewnętrznymi systemami opisanymi w pkt 8.2 Integracja z systemami zewnętrznymi. Moduł logowania zdarzeń odpowiedzialny jest za rejestrację każdej czynności wykonanej w systemie SWD PRM oraz zapisywanie informacji na wyznaczonym nośniku.
Moduł AVL	Moduł odpowiedzialny za obsługę ramek danych dotyczących położenia pojazdu oraz jego danych z komputera pokładowego.
Aplikacja Administratora Technicznego	Aplikacja umożliwiająca śledzenie istotnych parametrów systemu oraz konfigurację technicznych aspektów systemu.
Aplikacja Administratora Biznesowego	Aplikacja umożliwiająca zarządzanie konfiguracją biznesową systemu: zarządzanie użytkownikami, Dysponentami, Dyspozytorami i ZRM.

9.4. Połączenia sieciowe

9.4.1. Sieć LAN w OK

Do zbudowania sieci LAN wykorzystana zostanie adresacja IP v4 udostępniona przez zamawiającego:

10.45.136.0 – 10.45.212.255

Serwery w OK będą połączone za pomocą dwóch przełączników sieciowych 3750X. Dla zapewnienia odpowiedniej separacji logicznej poszczególnych środowisk PROD, DEV, SZK w ramach sieci wprowadzona zostanie konfiguracja wirtualnych sieci VLAN.

Przyjęto podział logiczny sieci zgodnie z poniższą tabelą.

Tabela 51. Podział logiczny sieci

Nazwa VLAN	Przeznaczenie
VLAN ADM	podsieć dla kart zarządzających (DRAC)i innych oraz interfejsów administracyjnych serwerów (RDP)
VLAN PROD	podsieć dla maszyn wirtualnych "Produkcyjnych"
VLAN Cluster	podsieć dla ruchu klastrowego
VLAN LiveMigration	podsieć dla ruchu Live Migration maszyn wirtualnych
VLAN SZKOL	podsieć dla maszyn wirtualnych "Szkoleniowych"
VLAN DEV	podsieć dla maszyn wirtualnych "Developerskich"

Ze względu na potrzebę spełnienia wymagania o przejmowaniu obciążenia przez wybrane elementy rozwiązania pomiędzy POK i ZOK przyjęto, że pomiędzy POK i ZOK jest dostępny kanał L2 pozwalający na rozpięcie spójnej adresacji oraz działanie wspólnych sieci VLAN w obu lokalizacja.

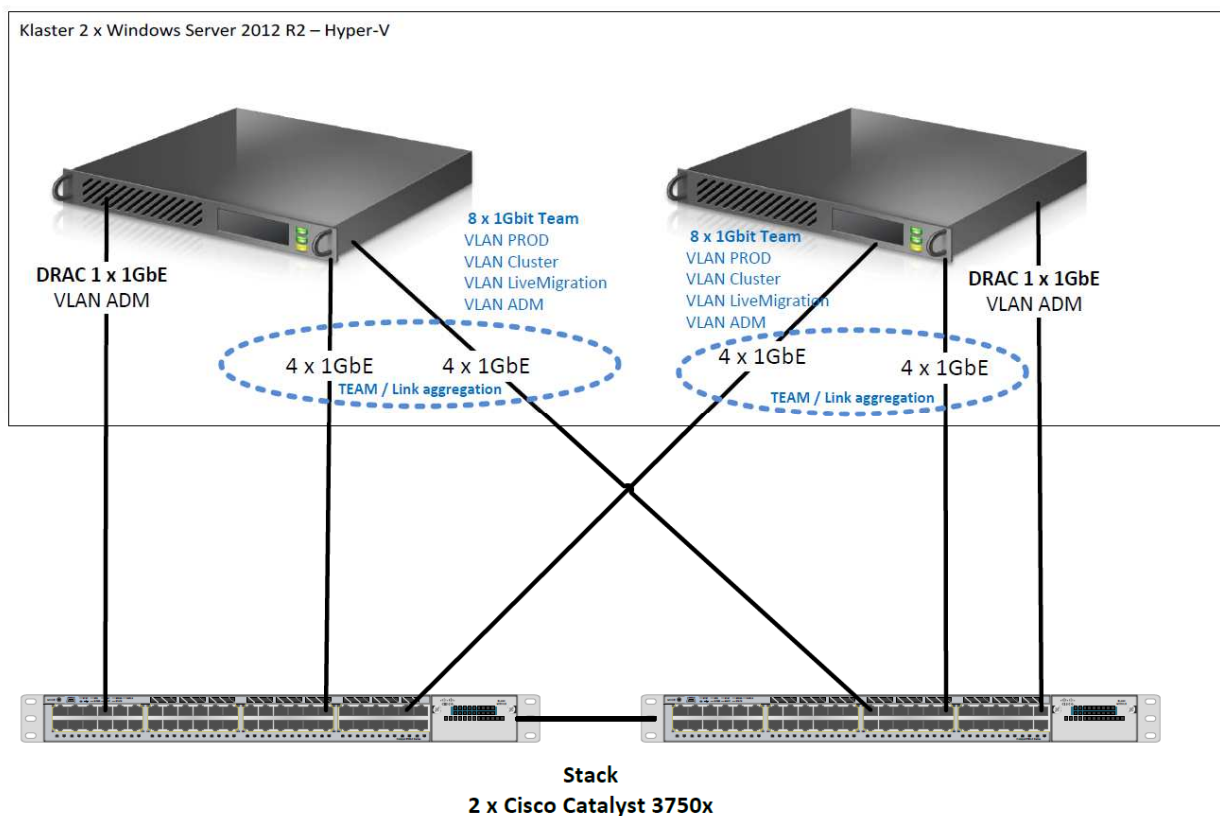
Zgodnie z otrzymaną adresacją na potrzeby poszczególnych VLANów wydzielone zostaną następujące podsieci.

Tabela 52. Wykaz podsieci

POK	VLAN ID adres sieci maska # adresów				Brama
VLAN PROD	1360	10.45.136.0	/22	1022	POK - 10.45.136.1 ZOK - 10.45.136.2
VLAN SZKOL	1400	10.45.140.0	/22	1022	POK - 10.45.140.1

					ZOK - 10.45.140.2
VLAN DEV	1440	10.45.144.0	/22	1022	POK - 10.45.144.1 ZOK - 10.45.144.2
VLAN ADM	1480	10.45.148.0	/23	254	POK - 10.45.148.1 ZOK - 10.45.148.2
VLAN Cluster	1500	10.45.150.0	/24	126	-
VLAN LiveMigration	1510	10.45.151.0	/24	126	-

Każdy z serwerów będzie przypięty do lokalnych przełączników sieciowych z wykorzystaniem 8 portów 1Gb Ethernet. Porty te zostaną logicznie połączone za pomocą mechanizmu agregacji portów w taki sposób, że 4 porty będą podłączone do oddzielnego switcha. Przykładowa ilustracja podłączenia dla klastra wirtualizacyjnego środowiska PROD została przedstawiona na poniższej ilustracji.



Rysunek 80. Przykład podłączenia dla klastra wirtualizacyjnego środowiska PROD

W poniższej tabeli przedstawione zostało zestawienie elementów przewidzianych do zakupu na potrzeby doposażenia i realizacji połączeń sieciowych i zasilania w ramach POK i ZOK. Pozostałe wyposażenie dla urządzeń ASR1004 i Catalyst 3750X zostało już zapewnione przez Zamawiającego.

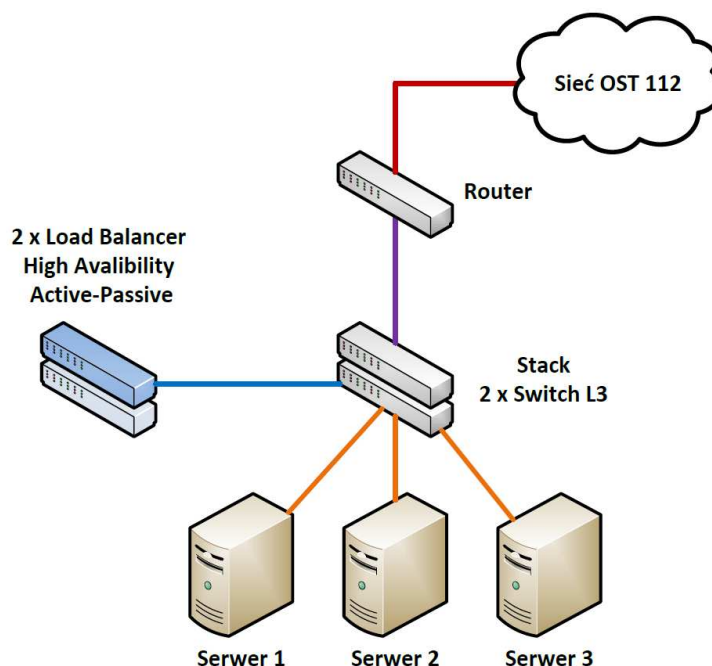
Tabela 65. Lista dodatkowego wyposażenia sieciowego wymaganego do dostarczenia w ramach projektu dla podłączenia SWD PRM z OST112

Lp.	Element sprzętowy	Parametry	Sztuk w POK	Sztuk w ZOK
1.	Zasilacze do urządzeń Catalyst 3750X	Zasilacze redundantne 350W	2	2

9.4.2. Równoważenie obciążenia

Dane do systemu przesyłane są od klientów, modułów aplikacyjnych (zlokalizowanych geograficznie w różnych ośrodkach systemu) do serwerów systemu SWD PRM w POK i ZOK. Interfejs komunikacyjny w OK do przyjmowania danych musi być zdolny do zaakceptowania określonego w wymaganiach wolumenu ruchu (transakcji) i jest oparty na wielu fizycznych i wirtualnych serwerach. W celu zapewnienia równomiernego rozkładu ruchu od klientów/modułów aplikacyjnych do poszczególnych serwerów aplikacyjnych, zastosowany został układ rozdzielający równomiernie poszczególne transakcje ruchu pomiędzy serwery docelowe (Real servers). Transakcje są obsługiwane przez układ balansujący w OK. Równoważenie obciążenia dotyczy zarówno komunikacji z TM, SD oraz systemów zewnętrznych.

Element równoważenia obciążenia rozdziela ruch do poszczególnych środowisk PROD, DEV i SZK zależnie od adresu IP i portu (w ramach odpowiedniego VLANu), którego dotyczy komunikacja. System balansujący pracować będzie w konfiguracji klastrowej Active-passive. W przypadku awarii jednego z węzłów LB jego funkcje przejmie drugi węzeł klastra. System równoważenia obciążenia przekazywał będzie połączenia od klientów bezpośrednio do serwerów aplikacyjnych. Dalsza komunikacja będzie przebiegała już bezpośrednio między serwerem aplikacyjnym a klientem zgodnie z technologią z użyciem mechanizmu Direct Server Return, dzięki czemu zmniejszone zostanie zapotrzebowanie na przepustowość urządzeń LB.



Rysunek 81. Połączenie Load Balancerów w ramach OK

9.4.3. APN dla Systemu

Podłączenia z prywatnej sieci APN do sieci OST112 zostanie zrealizowane z wykorzystaniem punktów dostępowych CP SCPR. W podanych przez Zamawiającego lokalizacjach:

- CP SCPR w Warszawie (ul. Olszewska 6),
- CP SCPR i w Katowicach (ul. Lompy 19),

Na potrzeby testów i odbioru systemu doprowadzone zostaną łącza od operatora GSM, zakończone routerami. Routery zostaną zainstalowane w szafach wskazanych przez Zamawiającego w w/w lokalizacjach i podłączone do istniejącego zasilania. Jeśli zajdzie taka potrzeba to Wykonawca dostarczy listwę zasilającą z zabezpieczeniem do szafy ZPAS 19".

Po stronie CP SCPR ruch będzie podłączony do istniejących routerów Catlyst 6500 (po dwa na lokalizację). Urządzenia te są wyposażone w porty RJ45 1 Gb Ethernet konieczne do podłączenia ruchu przychodzącego z Routera terminującego ruch od operatora GSM i w tym zakresie nie wymagają doposażenia.

Routery dostarczone przez Wykonawcę zostaną również wpięte do systemu nadzoru sieci istniejącego w lokalizacjach CP SCPR. W tym celu potrzeby jest dodatkowy interfejs RJ-45 1Gb Ethernet. Łączna liczba portów RJ-45 wymaganych do obsługi ruchu przychodzącego z APN, ruchu wychodzącego w kierunku Sieci OST112 i zarządzania wynosi 5. Router będzie wspierał VRF i VRF Lite.

Łącza przewidziane do podłączenia będą miały następujące parametry:

- Technologia transmisyjna: Frame Relay,
- przepustowość 2 Mbps,

- CIR = 16 kbps.

W poniższej tabeli przedstawione zostało zestawienie elementów przewidzianych do zakupu na potrzeby podłączenia sieć APN-OST112.

Tabela 66. Lista dodatkowego wyposażenia wymaganego do dostarczenia w ramach projektu dla podłączenia APN – OST112

Lp.	Element sprzętowy	Parametry	Lokalizacja	Liczba sztuk
1.	Router terminujący łącze od operatora	CISCO 2921	Warszawa	1
2.	Moduł do routera	Moduł routujący 4x1Gb RJ -5	Warszawa	1
3.	Kabel do połączeń w szafach	Kabel cat. 6 RJ-45 5m	Warszawa	3
4.	Kabel do połączeń w szafach	Kabel cat. 6 RJ-45 20m	Warszawa	2
5.	Listwa zasilająca (opcjonalnie)	Listwa do montażu w szafie RACK 19" z oddzielnym zabezpieczeniem	Warszawa	1
6.	Router terminujący łącze od operatora	CISCO 2921	Katowice	1
7.	Moduł do routera	Moduł routujący 4x1Gb RJ -5	Katowice	1
8.	Kabel do połączeń w szafach	Kabel cat. 6 RJ-45 5m	Katowice	3
9.	Kabel do połączeń w szafach	Kabel cat. 6 RJ-45 20m	Katowice	1
10.	Listwa zasilająca (opcjonalnie)	Listwa do montażu w szafie RACK 19" z oddzielnym zabezpieczeniem	Katowice	1

W ramach uruchomienia połączeń sieciowych Zamawiający (lub w jego imieniu Operator sieci OST112) będzie odpowiedzialny za:

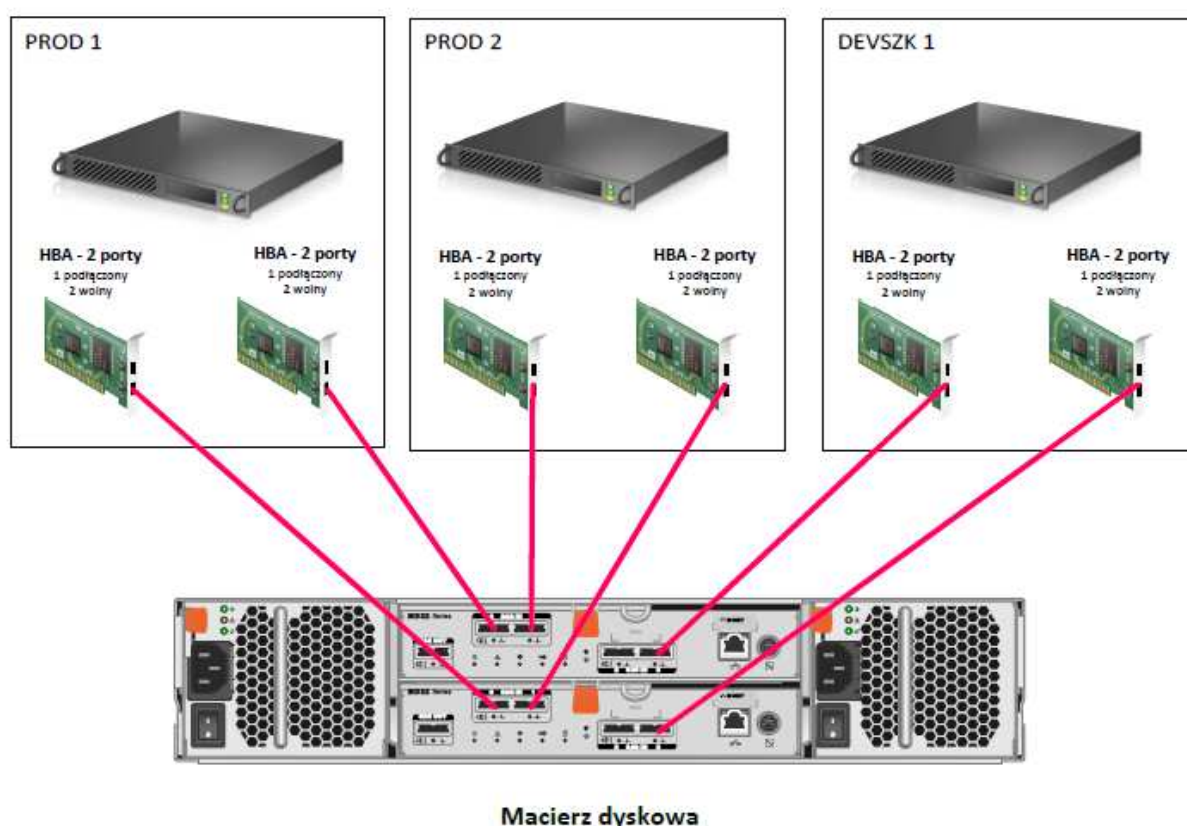
- instalację sprzętu wymienionego w w/w tabeli oraz fizyczne połączenie urządzeń z wykorzystaniem elementów dostarczonych przez Wykonawcę,
- konfigurację reguł nawiązywania połączeń na firewallach i routerach PE.

Wykonawca dostarczy, zainstaluje routery w miejscu wskazanym przez Zamawiającego i skonfiguruje łącze przychodzące od operatora sieci GSM.

Za administrowanie i nadzór routerami odpowiedzialny będzie Operator Sieci OST112. Dostawca APN będzie miał możliwość monitorowania pracy urządzeń w zakresie niezbędnym do obsługi połączeń redundantnych.

9.4.4. Sieć SAN

W zakresie połączenia serwerów z macierzą wykorzystanie zostanie technologia Fiber Channel 8Gb. Serwery zostaną połączone do kontrolerów macierzy bezpośrednio za pomocą zdublowanych kontrolerów HBA. Sposób połączenia ilustruje poniższy rysunek.



Rysunek 82. Sposób połączenia serwerów wchodzących w skład rozwiązania wirtualizacyjnego do macierzy dyskowej

9.4.5. Dedykowana sieć pomiędzy OK

Ze względu na potrzebę spełnienia wymagania o przejmowaniu obciążenia przez wybrane elementy rozwiązania pomiędzy POK i ZOK przyjęto, że pomiędzy POK i ZOK jest dostępny kanał L2 pozwalający na rozpięcie spójnej adresacji oraz działanie wspólnych sieci VLAN w obu lokalizacja.

Na podstawie obliczeń przedstawionych w rozdziale 9.7.4 Wymagania dla ruchu sieciowego należy przyjąć, że łącze deklarowane w ramach odpowiedzi na pytania do OPZ o przepływności 1Gb/s będzie wystarczające dla zapewnienia skutecznej wymiany danych pomiędzy bazami w OK przy zapewnieniu

opóźnień w transmisji na poziomie do 20ms. Przy spełnieniu tego warunku przepływność 1Gb/s pozwoli na sprawne, niezakłócające bieżącej pracy Systemu, zsynchronizowanie danych po przerwie w działaniu jednego z ośrodków nawet w sytuacji kilkugodzinnej przerwy w działaniu.

Zgodnie z OPZ podłączenie stanowisk dostępowych (w dyspozytorniach i miejscach stacjonowania) zostaną zapewnione przez Zamawiającego.

9.5.Zasilanie

Ze względu na wyeliminowanie pojedynczych źródeł awarii wszystkie serwery i macierze wchodzące w skład architektury fizycznej zostały wyposażone w nadmiarowe zasilacze, pozwalające na pracę urządzeń przy zasilaniu z dwóch niezależnych źródeł zasilania. Pozwala to na uniknięcie niedostępności tych urządzeń w przypadku awarii zasilania. Z tego względu każda szafa RACK zostanie wyposażona w dwie niezależne listwy zasilające PDU, które zostaną podłączone do niezależnych obwodów zasilania udostępnionych w POK i ZOK przez Zamawiającego. Poniższa tabelka przedstawia zestawienie urządzeń, miejsce podłączenia oraz przewidywany bilans mocy dla jednego OK.

Tabela 67. Zestawienie urządzeń, miejsce podłączenia oraz przewidywany bilans mocy dla jednego OK – Szafa 1

Element sprzętowy	Obwód 1		Obwód 2	
	W	A	W	A
Serwer PROD_1	900	4	900	4
Serwer PROD_2	900	4	900	4
Serwer DEV_SZK	900	4	900	4
LB_1	300	1,4	---	---
LB_2	---	---	300	1,4
Switch_1	350	1,6	350	1,6
Switch_2	350	1,6	350	1,6
KVM/Konsola	300	1,4	---	---
RAZEM	4000	18,0	3700	16,6
Liczba gniazd	7		6	

Tabela 68. Zestawienie urządzeń, miejsce podłączenia oraz przewidywany bilans mocy dla jednego OK – Szafa 2

Element sprzętowy	Obwód 1		Obwód 2	
	W	A	W	A
Macierz dyskowa Moduł podstawowy	900	4	900	4
Macierz dyskowa Moduł rozszerzeń 1	600	3	600	3
Macierz dyskowa Moduł rozszerzeń 1	600	3	600	3
RAZEM	2100	10	2100	10
Liczba gniazd	3		3	

Podłączenia listew PDU zostaną wykonane za pomocą kabli zasilających o długości minimum 7m, bez dodatkowych wtyczek. Zakończenie przewodu zostanie wprowadzone do skrzynki zasilającej przygotowanej przez Zamawiającego. Dla każdej skrzynki Wykonawca dostarczy zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe. Dla szafy 1 zakładamy po 2 listwy jednofazowe 32A a dla Szafy 2 po dwie listwy jednofazowe 16A.

9.6. Środowisko wirtualne

W każdym z OK uruchomione zostanie autonomiczne środowisko wirtualne, oparte na rozwiązaniu Microsoft Hyper-V w wersji 3, oferowanej wraz z systemem operacyjnym Windows Server 2012 R2. Środowisko produkcyjne wykorzystuje dwuwęzłowy klaster a środowiska developerskie i szkoleniowe utworzone zostaną w oparciu o oddzielny serwer.

System Windows Server 2012 R2 można łatwo skalować dzięki obsłudze aż do 64 procesorów i 1 terabajta pamięci operacyjnej dla gości Hyper-V, a także wirtualnych dysków w formacie VHDX o pojemności do 64 terabajtów. W przypadku sprzętu przewidzianego do zastosowania w Systemie możliwe będzie przypisanie do 40 procesorów i 256 gigabajtów dla pojedynczej maszyny.

Środowisko wirtualizacyjne będzie współpracować z dedykowaną macierzą podłączoną za pomocą portów Fiber Channel. Szczegółowy sposób podłączenia został zaprezentowany w rozdziale 9.4.4 Sieć SAN.

W ramach środowiska wirtualnego zostaną utworzone następujące maszyny wirtualne:

Tabela 69. Lista maszyn Wirtualnych POK – środowisko PROD

Środowisko SWDPRM	Lokalizacja	Na*	Nazwa serwera	CPU [vCPU]	RAM [GB]	System operacyjny	Zasoby dyskowe maszyn		Komponenty	Zasoby dyskowe klastrowe	
							Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]		Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]
PROD	POK	P1	VM_PP_DB_OP	8	48	Linux	NL SAS	44	MySQL	SAS	1000
PROD	POK	P2	VM_PP_DB_HS	8	48	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	15000
PROD	POK	P1	VM_PP_APP_1	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P1	VM_PP_APP_2	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P1	VM_PP_APP_3	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P1	VM_PP_APP_4	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P2	VM_PP_APP_5	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P2	VM_PP_APP_6	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P2	VM_PP_APP_7	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	POK	P2	VM_PP_APP_8	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---

Środowisko SWDPRM	Lokalizacja	Na*	Nazwa serwera	CPU [vCPU]	RAM [GB]	System operacyjny	Zasoby dyskowe maszyn		Komponenty	Zasoby dyskowe klastrowe	
							Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]		Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]
PROD	POK	P1	VM_PP_RP_1	4	16	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
PROD	POK	P2	VM_PP_RP_2	4	16	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
PROD	POK	P1	VM_PP_MNTC_1	2	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG	SAS	1000
PROD	POK	P2	VM_PP_MNTC_2	2	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG		
PROD	POK	P1	VM_PP_REPO	2	4	Linux	NL SAS	28	FTP, NFS	NL SAS	1000
ADM	POK	P1	VM_PA_ADM	2	4	Windows 7 Pro	NL SAS	30	MySQLAdmin, SSH	---	---
			RAZEM P1	34	108		SAS	0		SAS	2000
			RAZEM P2	30	100		NL SAS	514		NL SAS	16000
			RAZEM	64	208						

*) P1 i P2 oznaczają pierwszy i drugi węzeł klastra fizycznego w POK

Tabela 69. Lista maszyn Wirtualnych ZOK – środowisko PROD

Środowisko SWDPRM	Lokalizacja	Na*	Nazwa serwera	CPU [vCPU]	RAM [GB]	System operacyjny	Zasoby maszyn dyskowe		Komponenty	Zasoby klastrowe dyskowe	
							Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]		Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_DB_OP	8	48	Linux	NL SAS	44	MySQL	SAS	1000
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_DB_HS	8	48	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	15000
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_APP_1	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_APP_2	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_APP_3	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_APP_4	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_APP_5	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_APP_6	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_APP_7	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_APP_8	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_RP_1	4	16	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---

Środowisko SWDPRM	Lokalizacja	Na*	Nazwa serwera	CPU [vCPU]	RAM [GB]	System operacyjny	Zasoby maszyn dyskowe		Komponenty	Zasoby klastrowe dyskowe	
							Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]		Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_RP_2	4	16	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_MNTC_1	2	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG	SAS	1000
PROD	ZOK	Z2	VM_ZP_MNTC_2	2	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG		
PROD	ZOK	Z1	VM_ZP_REPO	2	4	Linux	NL SAS	28	FTP, NFS	NL SAS	1000
ADM	ZOK	Z1	VM_ZA_ADM	2	4	Windows 7 Pro	NL SAS	30	MySQLAdmin, SSH	---	---
			RAZEM Z1	34	108		SAS	0		SAS	2000
			RAZEM Z2	30	100		NL SAS	514		NL SAS	16000
			RAZEM	64	208						

*) Z1 i Z2 oznaczają pierwszy i drugi węzeł klastra fizycznego w ZOK

Tabela 70. Lista maszyn wirtualnych OK – środowisko DEV i SZKOL

Środowisko SWDPRM	Lokalizacja	Na	Nazwa serwera	CPU [vCPU]	RAM [GB]	System operacyjny	Zasoby dyskowe maszyn		Komponenty	Zasoby dyskowe klastrowe	
							Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]		Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]
SZK	POK	DS1	VM_PS_DB_OP	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	500
SZK	POK	DS1	VM_PS_DB_HS	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	1000
SZK	POK	DS1	VM_PS_APP_1	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
SZK	POK	DS1	VM_PS_APP_2	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
SZK	POK	DS1	VM_PS_RP_1	4	16	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
SZK	POK	DS1	VM_PS_MNTC_1	2	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG	NL SAS	500
SZK	POK	DS1	VM_PS_REPO	2	4	Linux	NL SAS	28	FTP, NFS	NL SAS	500
DEV	POK	DS1	VM_PD_DB_OP	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	500
DEV	POK	DS1	VM_PD_DB_HS	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	1000
DEV	POK	DS1	VM_PD_APP_1	2	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
DEV	POK	DS1	VM_PD_APP_2	2	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---

DEV	POK	DS1	VM_PD_RP_1	2	8	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
DEV	POK	DS1	VM_PD_RP_1	2	8	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
DEV	POK	DS1	VM_PD_MNTC_1	1	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG	NL SAS	500
DEV	POK	DS1	VM_PD_MNTC_1	1	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG		
DEV	POK	DS1	VM_PD_REPO	1	4	Linux	NL SAS	28	FTP, NFS	NL SAS	500
			RAZEM	43	180		SAS	0		SAS	0
							NL SAS	560		NL SAS	5000

Tabela 71. Lista maszyn wirtualnych ZOK – środowisko DEV i SZKOL

Środowisko SWDPRM	Lokalizacja	Na	Nazwa serwera	CPU [vCPU]	RAM [GB]	System operacyjny	Zasoby dyskowe maszyn		Komponenty	Zasoby dyskowe klastrowe	
							Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]		Rodzaj [SAS/SATA]	Rozmiar [GB]
SZK	POK	DS1	VM_ZS_DB_OP	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	500
SZK	POK	DS1	VM_ZS_DB_HS	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	1000
SZK	POK	DS1	VM_ZS_APP_1	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
SZK	POK	DS1	VM_ZS_APP_2	4	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
NL SASSZK	POK	DS1	VM_ZS_RP_1	4	16	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
SZK	POK	DS1	VM_ZS_MNTC_1	2	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG	NL SAS	500
SZK	POK	DS1	VM_ZS_REPO	2	4	Linux	NL SAS	28	FTP, NFS	NL SAS	500
DEV	POK	DS1	VM_ZD_DB_OP	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	500
DEV	POK	DS1	VM_ZD_DB_HS	4	24	Linux	NL SAS	44	MySQL	NL SAS	1000
DEV	POK	DS1	VM_ZD_APP_1	2	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---
DEV	POK	DS1	VM_ZD_APP_2	2	8	Linux	NL SAS	28	JBOSS	---	---

NL SASNL SASDEV	POK	DS1	VM_ZD_RP_1	2	8	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
DEV	POK	DS1	VM_ZD_RP_1	2	8	Linux	NL SAS	44	SpagoBI, JBOSS	---	---
DEV	POK	DS1	VM_ZD_MNTC_1	1	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG	NL SAS	500
DEV	POK	DS1	VM_ZD_MNTC_1	1	4	Linux	NL SAS	28	NAGIOS, SYSLOG		
DEV	POK	DS1	VM_ZD_REPO	1	4	Linux	NL SAS	28	FTP, NFS	NL SAS	500
			RAZEM	43	180		SAS	0		SAS	0
							NL SAS	564		NL SAS	5000

9.7. Skalowanie środowiska

9.7.1. Określenie parametrów wydajnościowych

Na potrzeby określenia parametrów wydajnościowych w zakresie liczby przetwarzanych transakcji oraz wydajności macierzy dyskowej wykorzystano następujące założenia, pochodzące na wymaganiach OPZ lub wynikające z wiedzy inżynierskiej Wykonawcy:

1. Obsługa zgłoszeń -
 - a. Zakładana liczba zgłoszeń – 8 700 000 zgłoszeń/rok
 - b. $8\,700\,000/365 = 23\,835$ zgłoszeń/dzień
 - c. $23\,835/86\,400 = 0,276$ zgłoszeń/sekundę
 - d. $0,276 * 10 = 2,76$ zgłoszeń/sekundę w przy obciążeniu szczytowym
 - e. Na podstawie wiedzy inżynierskiej przyjęto, że na potrzeby obsługi pojedynczego zgłoszenia w całym cyklu potrzebne będzie 50 transakcji odczytu oraz 20 transakcji zapisu, stąd liczba transakcji w okresie szczytowym wynosi $138+56 = \mathbf{194}$ transakcje/sekundę;
 - f. Dla potrzeb wydajności macierzy przyjęto, że średnia ilość danych w pojedynczej transakcji to 50kB a wielkość bloku zapisu na macierzy wynosi 4kB, stąd liczba operacji IO w okresie szczytowym wynosi w zaokrągleniu **2500** IOPs;
 - g. Dla potrzeb pojemności macierzy przyjęto, że na potrzeby opisu pojedynczego zgłoszenia przechowywane będzie 100kB danych, stąd:
 - h. Pojemność dla bazy produkcyjnej przy okresie przechowywania danych do 60 dni (wymagany miesiąc plus zapas na ewentualną obsługę sytuacji awaryjnych) wynosić powinna $23\,835 * 60 * 100\text{kB} = 137\text{ GB}$
 - i. Spodziewany przyrost dzienny bazy produkcyjnej powinien przy takich założeniach wynosić 2,28 GB
 - j. Pojemność dla bazy historycznej przy okresie przechowywania danych 20 lat wynosić będzie $23\,835 * 365 * 20 * 100\text{kB} = 16\,600\text{ GB}$
2. Rejestracja informacji o położeniu karetek
 - a. Zakładana liczba pojazdów – 500 pojazdów
 - b. Interwał odświeżania lokalizacji - 30 sekund
 - c. Liczba rekordów zbieranych z jednego pojazdu – $24*60*60/30 = 2\,880$ rejestracji/dzień
 - d. Liczba rekordów zbieranych ze wszystkich pojazdów – $2\,880 * 500 = 1\,440\,000$ rejestracji/dzień
 - e. Przy założeniu, że na pojedynczy zapis potrzebne będzie jedna transakcja bazy danych liczba transakcji na sekundę wynosi $1\,440\,000/86\,400 = \mathbf{17}$ transakcji/sekundę

- f. Dla potrzeb wydajności macierzy przyjęto, że średnia ilość danych w pojedynczej transakcji to 100B a wielkość bloku zapisu na macierzy wynosi 4kB, stąd liczba operacji IO wynosi w zaokrągleniu **17** IOPs;
- g. Dla potrzeb pojemności macierzy przyjęto, że na potrzeby opisu pojedynczego zgłoszenia przechowywane będzie 0,1kB danych, stąd:
- h. Pojemność dla bazy produkcyjnej przy okresie przechowywania danych do 60 dni wynosić powinna $1\,440\,000 * 60 * 0,1\text{kB} = 8,24\text{ GB}$
- i. Spodziewany przyrost dzienny bazy produkcyjnej powinien przy takich założeniach wynosić 140 MB
- j. Całkowita pojemność dla bazy historycznej przy okresie przechowywania danych 2 lat wynosić będzie $1\,440\,000 * 365 * 2 * 0,1\text{kB} = 101\text{ GB}$

3. Generowanie raportów

- a. Na potrzeby określenia wydajności dla stanowisk analityczno-raportowych przyjęto za OPZ 100 jednoczesnych użytkowników. Założono, że każdy z użytkowników generuje raport średnio co 15 minut. Średnio generacja pojedynczego zestawienia/raportu będzie wymagać operacji równoważnych 500 operacjom bazodanowym;
- b. Stąd średnia liczba raportów na sekundę $100\text{ użytkowników} * 4\text{ raporty na godzinę} \approx 0,11/\text{sekundę}$;
- c. Średnia liczba transakcji $500 * 0,11 = \text{ok. } 56\text{ transakcji/sekundę}$
- d. Dla potrzeb wydajności macierzy przyjęto, że na każdą operację bazodanową przypada 6 operacje I/O o rozmiarze 16 kB.;
- e. Dla bazy raportowej, w której przeważać będą odczyty założono, że minimalny poziom trafienia w Cach wynosi 10%; Wymagany gwarantowany poziom obsługi przez podsystem I/O: $\text{Liczba transakcji} * \text{Liczba operacji I/O} * (100\% - \text{poziom trafień w cache})$
- f. Stąd, wymagania IOPS dla bazy raportowej na operacje I/O wynoszą $57 * 6 * (100\% - 10\%) = 308\text{ IOPs}$;

4. Synchronizacja danych pomiędzy OK

- a. Synchronizacja danych pomiędzy OK jest realizowana pomiędzy serwerami bazy danych w poszczególnych ośrodkach. Powyższe obliczenia zostały wykonane przy założeniu działania pojedynczego OK i dla okresu szczytowego, w którym liczba zgłoszeń jest dziesięciokrotnie wyższa niż średnia. Przy działaniu obu OK sumaryczna ilość operacji IO macierzy, wynikających z ruchu bezpośredniego oraz synchronizacji danych z drugiego OK nie powinna generować większego zapotrzebowania niż w przypadku działania pojedynczego ośrodka.
- b. Należy natomiast uwzględnić ruch sieciowy, pozwalający na przesłanie danych zapisywanych w poszczególnych OK. Opisane w rozdziale 9.7.4 *Wymagania dla ruchu sieciowego*.

5. Transformacje ETL

- a. Obciążenie związane z przepisywaniem danych z bazy operacyjnej do bazy historyczno-raportowej jest uzależnione wyłącznie od ilości danych zapisywanych do bazy operacyjnej w związku z rejestracją położenia karetek oraz rejestracją nowych zgłoszeń opisanych powyżej w punkcie 1 i 2. Przy czym, z wiedzy inżynierskiej

Wykonawcy wynika, że przy działaniu mechanizmu ETL na bieżąco (w krótkich odstępach czasu) i zaprojektowanym rozmiarze pamięci operacyjnej dla serwera bazy danych w stosunku do przewidywanego rozmiaru danych znaczna część danych będzie pobierana z pamięci serwera, z pominięciem operacji dyskowych.

9.7.2. Wymagania dla serwerów

Na podstawie wyliczeń dla obsługi zgłoszeń przy skalowaniu warstwy serwerów aplikacyjnych przyjęto, że liczba transakcji wewnętrznych wynikających z obsługi szczytowej liczby 2,76 zgłoszeń wyniesie 194 transakcje na sekundę.

Dla osiągnięcia krótkich czasów odpowiedzi oraz odpowiednią redundancję zapewniającą obsługę powyższej liczby transakcji w warunkach uszkodzenia całego OK, przyjęto uruchomienie 6 równoległych serwerów aplikacyjnych na OK, uruchamianych w środowiskach wirtualnych.

Powyższe założenie wynika z doświadczeń Wykonawcy, dotyczących równoległej obsługi zadań w środowisku JBOSS wynoszącym ok. 16 wątków na rdzeń procesora określona została liczba 6 serwerów dysponujących łącznie 24 rdzeniami, co zapewnia odpowiedni zapas mocy obliczeniowej.

Obsługa raportów i zestawień będzie realizowana przez oddzielne serwery w warstwie aplikacyjnej. Przy podobnych założeniach wydajnościowych maszyn dla 54 transakcjach przeliczeniowych na sekundę zakładamy przygotowanie dwóch dedykowanych maszyn wirtualnych per OK po 4 rdzenia każda.

9.7.3. Wymagania dla macierzy

Na podstawie powyższych obliczeń przyjęto, że macierz spełniająca następujące wymagania będzie wystarczająca dla projektowanego Systemu.

Tabela 71. Parametry macierzy dla jednego OK dla Systemu SWD PRM

Element Systemu	Rodzaj dysku	Wydajność (IOPS)	Ilość dysków	Pojemność użyteczna
Baza operacyjna PROD Logi PROD	SAS	5300	22	4TB
Baza historyczno-raportowa PROD Systemy operacyjne PROD Baza operacyjna SZKOL Systemy operacyjne SZKOL Systemy operacyjne DEV	NL SAS	2500	40	30TB

Podane wartości IOPS wynikają z szacowanych obliczeń, przeprowadzonych na podstawie zaplanowanej konfiguracji macierzy przy wykorzystaniu następującej zależności:

$$IOPS = ((dT * 10) * (100 - dC) \%) / dS$$

dS - współczynnik konfiguracji RAID



dT - liczba transakcji do db

dC - współczynnik trafienia w cache

dIO - przelicznik transakcja db na IO

IOPS – wydajność mierzona w operacjach odczyt/zapis

9.7.4. Wymagania dla ruchu sieciowego

Poniżej przedstawiono zakładane zapotrzebowanie na ruch sieciowy pomiędzy POK, ZOK a innymi aplikacjami i systemami. Poniższe założenia są podane przy działaniu jednego ośrodka i aktywności szczytowej (10x średnia).

Na potrzeby komunikacji pomiędzy aplikacją SD a OK:

- Informacje o położeniu 300 stanowisk równoczesnych, 100 karetek, 0,1kB, 2 narzut na format - $300 \cdot 100 \cdot 0,1 \text{ kB} \cdot 2 / 10 = 600 \text{ kB/s} = 4,8 \text{ Mbit/s}$
- Wymiana danych o zgłoszeniach, 9mln/rok * 100kB * 10 w szczycie = $285 \text{ kB/s} = 2,3 \text{ Mbit/s}$
- Razem: $4,8 + 2,3 = \mathbf{7,1 \text{ Mbit/s}}$

Na potrzeby komunikacji pomiędzy zestawem mobilnym (TM+GPS) oraz aplikacją w miejscu stacjonowania a OK:

- Wymiana danych o zgłoszeniach przyjętych i dokumentacji obsługi zleceń, 3mln/rok * 100kB * 10 = $95 \text{ kB/s} = 0,76 \text{ Mbit/s}$
- Pomiary GPS, 500karetek co 30 sekund 0,1kB = $1,7 \text{ kB/s} = 13,4 \text{ kbit/s} = 0,0133 \text{ Mbit/s}$
- Razem: $0,76 + 0,0133 = \mathbf{0,78 \text{ Mbit/s}}$

Na potrzeby komunikacji pomiędzy systemami zewnętrznymi a systemami POK, ZOK:

- SI WCPR: Wymiana danych o zgłoszeniach, 9mln zgłoszeń/rok * 20kB danych * 5 razy dla zgłoszenia * 10 w szczycie = $285 \text{ kB/s} = 2,3 \text{ Mbit/s}$
- PZŁ - Obsługa połączeń dla zgłoszeń: 9mln zgłoszeń/rok * 10 komunikatów na zgłoszenie * Ilość danych 0,5kB * 10 w szczycie = $14,25 \text{ kB/s} = 114 \text{ kbit/s} = 0,114 \text{ Mbit/s}$
- PZŁ - Zmiana statusu stanowisk: 300 dyspozytorów * 1 zmiana na godzinę * 0,5kB = $0,043 \text{ kB/s} = 0,34 \text{ kbit/s} = 0,0034 \text{ Mbit/s}$
- PLI CBD: 9mln zgłoszeń/rok * Ilość danych 2kB * 10 w szczycie = $5,7 \text{ kB/s} = 45,7 \text{ kbit/s} = 0,05 \text{ Mbit/s}$
- SIM: 3mln kart/rok * 5 pobrania na kartę * 10kB danych na kartę * 10 w szczycie = $47,5 \text{ kB/s} = 380 \text{ kbit/s} = 0,38 \text{ Mbit/s}$
- Razem: $2,3 + 0,114 + 0,0034 + 0,05 + 0,38 = \mathbf{2,85 \text{ Mbit/s}}$

Na potrzeby synchronizacji danych pomiędzy bazami POK-ZOK:

- Wymiana danych o zgłoszeniach, 9mln/rok * 100kB * 10 w szczycie = $285 \text{ kB/s} = 2,3 \text{ Mbit/s}$
- Pomiary GPS, 500 karetek co 30 sekund 0,1kB = $1,7 \text{ kB/s} = 13,4 \text{ kbit/s} = 0,0133 \text{ Mbit/s}$
- Razem: $2,3 + 0,0133 = \mathbf{2,32 \text{ Mbit/s}}$